

잠제인근에서의 파랑변형 실험 연구 The Study of Wave and Current due to Submerged Structure

김효섭¹·정병순¹·윤석준¹

Hyo Seob Kim¹, Byung Soon Jung¹, and Suk Joon Yoon¹

1. 서 론

해양에 존재하는 인공 구조물들은 주로 해수의 흐름(파랑 및 연안류)에 의해 발생하는 현상들을 조절하기 위하여 설치된다. 그 중에서 수중에 위치하여 해수의 흐름과 파의 에너지를 조절하는 잠제의 경우는 미관상으로 수중에 잠겨있어 조망(眺望)권 확보가 가능하며, 표사이동을 차단하는 수중보 역할, 어초보호 기능의 수행 등 그 기능면에서 매우 실용적인 구조물이라 할 수 있다. 구조물에 직접적으로 영향을 미치는 파랑 및 구조물 인근에서 발생하는 연안류 등에 대한 연구는 여러 가지 방법으로 진행되어 왔으며, 계속적인 연구가 진행 중이다. 이러한 연구들은 크게 평면방향에 대한 연구와 연직방향에 대한 연구로 나눌 수 있다.

연직방향에 대한 연구는 여러 연구자들에 의해 수행되어 왔으며, 그 분석 방법과 과정에서 많은 차이를 보이고 있다. 주된 연구방법에는 현장관측, 수리모형실험, 수치모형실험을 이용한 방법이 사용되고 있다. 현장관측과 수리모형실험의 경우는 관측 기기들의 발달에 의하여 정밀도가 향상되고 있는 추세이나 수치모형의 경우는 특정한 방법이 확립되어 있지는 않다.

과거 많은 연구자들이 연직방향에 대한 파랑 및 흐름 연구를 위하여 다양한 형태의 조건에 대하여 실험 연구를 한바 있다. 주로 바람에 의한 영향 (Francis et al(1967), Gadzhiev et al(1978) Kato (1978), Kitaigorskii et al(1945)), 중력에 의한 영향 (Huang et al(1972)), 흐름에 의한 영향(Hedges

(1981), Hedges et al(1985), Suh (1994)) 등에 대하여 중점적인 연구가 되어왔다.

본 연구에서는 잠제 주위에 대한 파랑에 의한 변화를 파악하기 위하여 수리모형실험을 이용하여 분석하려고 한다.

2. 실험방법 및 결과

2.1 실험기기

실험은 본 대학교의 물환경연구소에 있는 2차원 조파수조에서 수행하였다. 수조의 실험구간은 폭 1.0 m, 높이 1.0 m, 길이 24.0 m이다. 수조의 측면은 강화유리로 되어 있고, 하부는 합판으로 덮여 있다. 모형 방파제는 수직단면의 형태로 두께 1 cm, 폭 80 cm 의 아크릴 판으로 제작하였다. 방파제의 높이는 저면 기준으로 25 cm의 단면에 대하여 실험하였다. 수심은 계측이 가능한 높이인 50 cm를 기준으로 설정하였다.

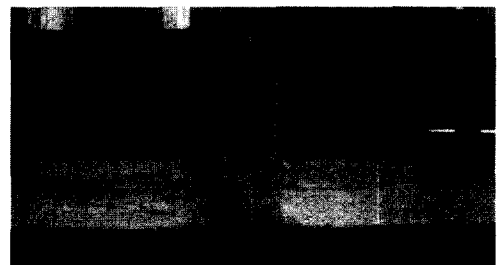


Fig. 1. 대상 방파제.

¹ 국민대학교 건설시스템공학과부 (Corresponding Author : Hyoseob Kim, School of Civil and Environmental Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea, hkim@kookmin.ac.kr)

파랑을 조파하는 경우 파고의 계측은 파고계를 이용하였으며, 파고의 측정을 위하여 사용된 파고계는 총 3개로서 방파제 전면에 2개, 후면에 1개를 설치하였다. 전면부에 설치한 파고계는 방파제에 의한 반사율을 측정하기 위한 것이며, 후면부에 설치한 파고계는 방파제의 전달율을 측정하기 위한 것이다. 실험에 사용한 파고계는 용량식 파고계로서 오차 범위가 입사파고의 $\pm 0.5\%$ 이내인 파고계이며, 실험 전에 보정을 하였다.



Fig. 2. 파고계.

2.2 실험절차 및 자료분석

실험에 사용한 파는 Froude 상사율을 적용하였으며, 규칙파를 이용하여 실험하였다. 실험에 적용한 Froude 상사율은 다음과 같다.

$$L_r = \frac{L_m}{L_p}$$

$$t_r = \frac{t_m}{t_p} = \frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{1/2}$$

실험파의 조건은 Table 1에 제시하였다.

Table 1. 적용 파랑 조건

파제원	구분	실험파	실측
파 고 (m)		0.04, 0.06, 0.08	4.0, 6.0, 8.0
주 기 (초)		0.8, 1.0	8, 10

실험을 통하여 얻어진 파고 자료들은 규칙파를 입사하여서 나타난 초기의 파고값들에서 반사파와 진행파를 분리하여 파랑의 반사율과 전달율을 비교하였다. 비교방법은 방파제 전면에서 측정된 입사파에서 후면에서 측정된 파의 값을 분리하여 반사된 값을 알아내고, 방파제 후면에서 관측한 파의 값과 입사파의 비를 전달하여서 전달율을 측정하였다. 여기서 값의 비교는 입사부분과 반사부분

의 시작점을 측정시간 및 관측시간에 따라 일치시키고, 주기와 파장의 길이를 비교하여 관측값들의 측정기준점을 찾아내며, 측정기준점을 시작으로 하여서 실제로 입사한 파와 전달된 파의 비교를 하였다. 기준이 되는 파의 값은 관측값 이외에도 입사조건으로 부여한 조파값과 비교하였다. 이 과정에서 과도한 파고의 측정오차들을 보정하였다.

파랑을 입사하여 관측한 결과는 다음과 같다. 데이터의 개수가 많은 관계로 관측한 파랑값 중 파랑이 처음 발생하여서 입사한 파의 형태를 띄기까지의 3 파장을 제외하고, 또한 조파장치에 의한 제반사의 영향이 적은 10파장 이내의 데이터를 사용하여 다음 그림에 나타내었다. 각 데이터들의 관측 시간간격은 50 msec 이다.

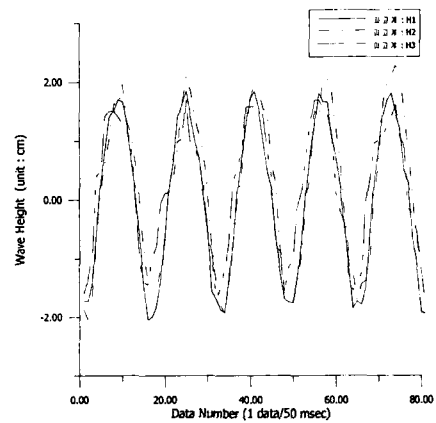


Fig. 3. 각 파고계별 관측파고도 (주기:0.8초, 파고:4cm).

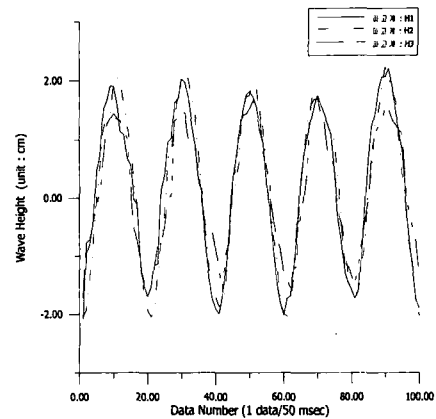


Fig. 4. 각 파고계별 관측파고도 (주기:1.0초, 파고:4cm).

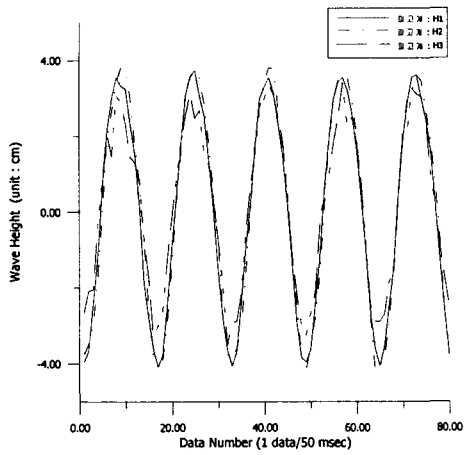


Fig. 5. 각 파고계별 관측파고도
(주기:0.8초, 파고:8cm).

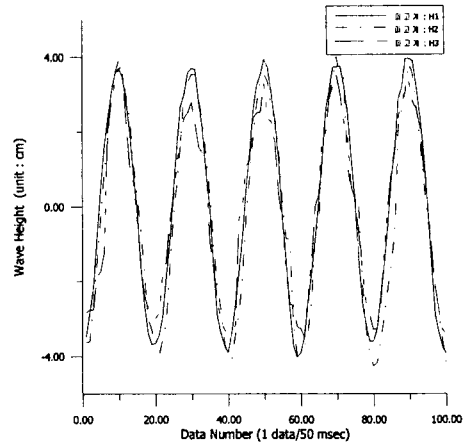


Fig. 7. 각 파고계별 관측파고도
(주기:1.0초, 파고:8cm).

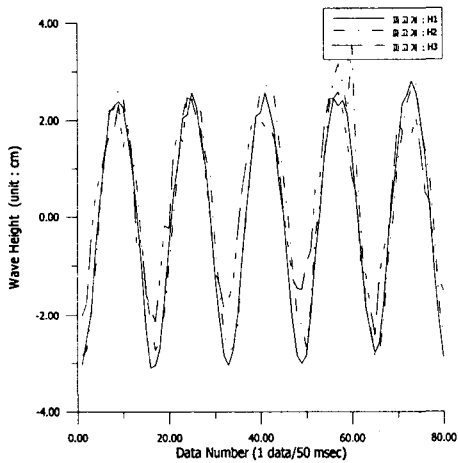


Fig. 6. 각 파고계별 관측파고도
(주기:0.8초, 파고:6cm).

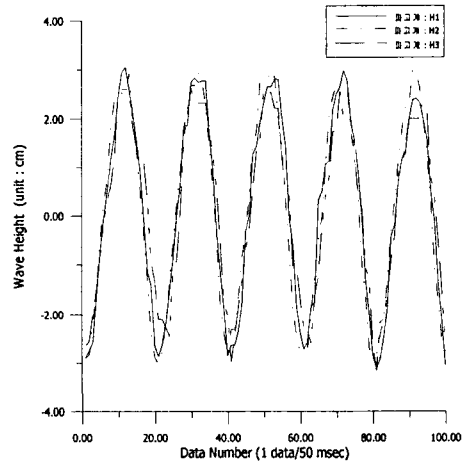


Fig. 8. 각 파고계별 관측파고도
(주기:1.0초, 파고:6cm).

여기서 H1, H2는 방파제 전면에 설치된 파고계를 나타내며, H1이 조파판에 더욱 가까운 파고계이다. H3는 방파제 후면에 설치된 파고계를 가리킨다.

3. 결과 분석

관측한 파랑 데이터들을 이용하여 방파제가 설치되었을 경우 파랑의 통과율과 반사율을 분석하여 파랑 현상을 고찰하였다. 반사율과 통과율은 방파제 전면에서 관측한 파랑값과 방파제 후면에서 관측한 값을 N 개($N = \frac{Data}{T \times 50msec}$)의 주기별 데이터로 분류한 후 평균하여 비교하였다.

각 경우의 반사율과 통과율은 다음과 같다.

Table 2. 방파제에 의한 반사율과 통과율

주기	파고	반사율(%)	통과율(%)
0.8 sec	4 cm	12.1	87.9
	6 cm	15.7	84.3
	8 cm	16.2	83.8
1.0 sec	4 cm	14.1	85.9
	6 cm	15.8	84.2
	8 cm	16.3	83.7

4. 결 론

주기와 파랑이 방파제에 미치는 영향은 주기의 증가와 파고의 증가에 의하여 반사율이 높아지는 것에서 알 수 있다. 파고가 높아지면 질수록 방파제의 반사율이 높아져서 방파제 안쪽으로의 에너지 유입이 적어지고 파랑의 영향이 감소하게 된다. 주기에 의해서고 파고가 증가하는 경우와 마찬가지로 파랑의 영향을 감소시키게 된다.

이와 같은 현상들을 통하여 방파제의 설계시에 파랑의 영향을 고려하여 최적화된 설계를 하기 위하여서는 정밀한 수리모형 실험이 필요하다는 것을 알 수 있다. 또한 수치모형 실험의 확립을 통하여 더욱 다양한 경우의 실험들을 가능하게 하는 것 또한 필요하다.

참고 문헌

- Francis, J.R.D. and Dudgeon, C.R., 1967. An experimental study of wind-generated waves on a water current. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 93, 247-253.
- Gadzhiev, Y.Z., Kitaygorodskiy, S.A. and Krasitskiy, V.P., 1978. High-frequency portion of wind-wave spectra in the presence of currents in a shallow sea. *Oceanology*, 18(3), 267-270.
- Hedges, T.S., 1981. Some effects of currents on wave spectra. *Proc. 1st Indian Conf. in Oc. Engrg.*, Indian Inst. of Technology, Madras, India, 1, 30-35.
- Hedges, T.S., Anastasiou, K. and Gabriel, D., 1985. Interaction of random waves and currents. *J. Wtrwy., Port, Coast. and Oc. Engrg.*, 111(2), 275-288.
- Huang, N.E., Chen, D.T., Tung, C.-C. and Smith, J.R., 1972. Interactions between steady non-uniform currents and gravity waves with applications for current measurements. *J. Phys. Oceanogr.*, 2, 420-431.
- Kato, H. and Tsuruya, H., 1978. Experimental study of wind waves generated on currents. *Proc. 16th Coast. Engrg. Conf.*, ASCE, 742-755.
- Kitaigordskii, S.A., Krasitskii, V.P. and Zaslavskii, M.M., 1975. On Phillips' theory of equilibrium range in the spectra of wind-generated gravity waves. *J. Phys. Oceanogr.*, 5, 410-420.
- Suh, K.D., Kim, Y.-Y. and Lee, D.Y., 1994. Equilibrium-range spectrum of waves propagating on currents. *J. Wtrwy., Port, Coast. and Oc. Engrg.*, 120(5), 434-450.